

EFEITOS DA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA POLPA DE ARAÇÁ-BOI

TÚLIO REIS TEIXEIRA*
ANDERSON DO NASCIMENTO OLIVEIRA**
AFONSO MOTA RAMOS***

Este trabalho objetivou estudar os efeitos da temperatura e da concentração da polpa de araçá-boi sobre as suas principais propriedades físicas. As polpas de araçá-boi em diferentes concentrações (4, 7, 10 e 13 °Brix) e temperaturas (10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C) foram avaliadas quanto à densidade e comportamento reológico, sendo os dados experimentais submetidos à análise de regressão. Observou-se que a densidade da polpa de araçá-boi diminuiu linearmente com a temperatura e aumentou conforme a concentração. Verificou-se comportamento pseudoplástico para a polpa em todas as condições estudadas, o qual foi descrito de forma adequada pelo modelo de Ostwald-de Waele ($R^2 \geq 0,983$). O modelo de Arrhenius explicou adequadamente a variação da viscosidade aparente das polpas conforme a temperatura, com energia de ativação na faixa de 7,30-13,29 kJ mol⁻¹. Os modelos exponenciais obtidos para explicar a influência da concentração das polpas na viscosidade aparente também apresentaram bons ajustamentos aos dados experimentais ($R^2 \geq 0,983$). Os modelos obtidos podem ser muito úteis para a indústria de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: ARAÇA-BOI; REOLOGIA; ARRHENIUS; DENSIDADE; VISCOSIDADE APARENTE.

-
- * Engenheiro de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG (e-mail: tulioreisvrb@gmail.com).
- ** Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, ES (e-mail: anderson.n.oliveira@ufes.br).
- *** Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Professor, Departamento de Tecnologia de Alimentos, UFV, Viçosa, MG (e-mail: amramos@ufv.br).

1 INTRODUÇÃO

O araçá-boi (*Eugenia stipitata*), espécie frutífera originária da Amazônia Ocidental, apresenta grande potencial econômico, podendo ser utilizado na elaboração de diversos produtos. O fruto tem aproximadamente 12 cm de diâmetro, polpa amarelo-creme e sabor ácido, podendo pesar até 450 g quando maduro (FRANCO e SHIBAMOTO, 2000; ANJOS e FERRAZ, 1999).

O fruto do araçá-boi apresenta polpa com sabor e aroma agradáveis, mas a elevada acidez limita seu consumo *in natura*. Sua polpa pode ser utilizada na preparação de sucos e néctares, principalmente em misturas de polpas de frutas com baixa acidez (FRANCO e SHIBAMOTO, 2000). Outra característica importante sob o ponto de vista industrial reside no elevado rendimento de polpa, além do araçá-boi ser facilmente cultivado em qualquer tipo de solo. Tais características evidenciam o potencial econômico do fruto no mercado nacional e internacional (GONÇALVES, 2008). O araçá-boi também é utilizado na fabricação de produtos como geleias, sorvetes, doces e chocolates (ANJOS e FERRAZ, 1999; FRANCO e SHIBAMOTO, 2000; SACRAMENTO, BARRETO e FARIA, 2008).

Em escala industrial, a transformação das frutas em polpa se apresenta como solução prática, pois viabiliza sua utilização como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos, favorecendo as operações de transporte e conservação. Além disso, a polpa pode ser submetida à operação de concentração para reduzir os gastos com transporte a locais distantes e ser utilizada na elaboração de novos produtos. Assim, torna-se fundamental o conhecimento das propriedades físicas e químicas das polpas para a definição correta dos processos e instalações industriais, atendendo às exigências específicas de cada produto (VIDAL *et al.*, 2000; FERREIRA *et al.*, 2002; BRANCO e GASPARETTO, 2003; DA SILVA, GUIMARÃES e GASPARETTO, 2005).

Dentre as propriedades físicas das polpas de fruta, o comportamento reológico ocupa lugar de destaque. Apesar disso, é comum a indústria desconhecer os dados reológicos específicos de certas polpas de frutas e utilizar condições semelhantes às aquelas empregadas em produtos com características similares, como o suco de laranja (VIDAL, GASPARETTO e GRANDIN, 2000). Para a otimização dos processos industriais como, por exemplo, a fabricação de sucos concentrados e para atender às exigências de mercado, a indústria deve conhecer as características específicas de cada fruta (BEZERRA, QUEIROZ e GASPARETTO, 2001).

As polpas, durante o processamento, são submetidas a variações de temperatura e concentração, o que altera as propriedades reológicas do produto. Essas alterações precisam ser consideradas para o correto dimensionamento de equipamentos e operações unitárias (DA SILVA, GUIMARÃES e GASPARETTO, 2005).

O presente trabalho teve como objetivo estudar a influência da temperatura e da concentração sobre a densidade e comportamento reológico da polpa de araçá-boi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA E PROCESSAMENTO

As frutas de araçá-boi utilizadas no experimento, provenientes do estado da Bahia, foram transportadas sob congelamento e mantidas a -18 °C até sua utilização. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ciência de Produtos de Frutas e Hortaliças do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Após descongelamento até a temperatura ambiente, as frutas foram lavadas em água corrente para a remoção de sujidades e selecionadas, visando separar aquelas com características

impróprias ao processamento. Em seguida, as frutas foram processadas manualmente para a remoção da casca e do caroço, sendo as partes comestíveis submetidas à trituração em microprocessador PHILIPS WALITA, modelo RI 1861. Realizou-se a etapa de refino a fim de separar, por centrifugação, as fibras insolúveis. Concentrou-se a polpa refinada em evaporador rotativo MARCONI, modelo MA 120 (Piracicaba-SP, Brasil), na faixa de temperatura entre 65-70 °C, até que a polpa atingisse teor de sólidos solúveis totais de 13 °Brix. Diluiu-se essa concentração com água destilada para obtenção das demais concentrações (10, 7 e 4 °Brix).

2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas somente com a polpa de araçá-boi *in natura*, em triplicata, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (2004). Determinou-se o pH diretamente nas amostras por potenciometria, utilizando pHmetro marca TECNOPON, modelo MPA 210 (Piracicaba-SP, Brasil). O teor de sólidos solúveis totais foi determinado mediante leitura direta com o auxílio de refratômetro modelo ATC-1E HAND REFRACTOMETER, marca ATAGO (Saitama, Japão), sendo os resultados expressos em °Brix. Determinou-se a acidez total titulável por titulometria, utilizando fenolftaleína como indicador. Para a determinação do teor de umidade utilizou-se o método gravimétrico com emprego de calor, baseado na perda de peso das amostras submetidas ao aquecimento em estufa QUIMIS, modelo 206 MP (Diadema-SP, Brasil), a 105°C até peso constante. Utilizou-se o método volumétrico de Eynon-Lane para a determinação de açúcares das amostras. As coordenadas de cor foram determinadas diretamente em colorímetro Minolta, color reader CR-10 (Minolta, Japão), sistema CIELAB.

2.3 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

Determinou-se a densidade da polpa com o auxílio de picnômetros nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C e nas concentrações de 4, 7, 10 e 13 °Brix, conforme descrito por Guedes, Ramos e Diniz (2010). Os picnômetros foram previamente calibrados com água destilada em processo de aquecimento, no qual o conjunto picnômetro-água foi pesado a cada 10 °C na faixa entre 10 e 60 °C. A temperatura da amostra foi controlada utilizando-se banho termostático (BROOKFIELD, modelo TC-502), com o auxílio de termômetros presentes nos próprios picnômetros.

2.4 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO

O comportamento reológico das polpas foi determinado mediante reômetro rotacional de cilindros concêntricos, tipo Searle, marca BROOKFIELD, modelo R/S plus SST 2000 (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Stoughton, EUA). As medidas foram efetuadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 °C, mantidas constantes por meio de banho termostático (Brookfield, modelo TC-502) acoplado ao equipamento. O equipamento forneceu diretamente os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação.

O tempo de corrida para cada ensaio foi de 4 minutos, completando o total de 48 pontos, sendo 2 minutos para velocidade de rotação crescente e 2 minutos para velocidade decrescente, com taxa de deformação variando de 0 a 500 s⁻¹. Utilizou-se o sensor CC14 para os ensaios nas concentrações de 7 a 13 °Brix e o sensor DGDIN para o ensaio a 4 °Brix. As leituras foram efetuadas em duplicata, utilizando-se nova amostra em cada medida.

Os valores experimentais de tensão de cisalhamento e taxa de deformação foram ajustados aos modelos reológicos de Ostwald-de Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson

(Equações 1, 2 e 3, respectivamente):

$$\tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

$$\tau = \tau_0 + K_H \dot{\gamma}^{n_H} \quad (2)$$

$$\tau^{0,5} = K_{0C} + K_C \dot{\gamma}^{0,5} \quad (3)$$

Em que:

τ = tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ = a taxa de deformação (s^{-1}); K e K_H = índices de consistência ($Pa\ s^n$); K_C = viscosidade plástica de Casson ($Pa\ s$)^{1/2}; τ_0 e K_{0C} = tensões de fluência para os modelos de Hershel-Bulkley (Pa) e Casson (Pa)^{1/2}; n e n_H = índices de comportamento ao escoamento (adimensional).

O efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente, na taxa de deformação de $100\ s^{-1}$, normalmente utilizada nas operações de transporte realizadas nas indústrias, foi analisado ajustando-se a equação de Arrhenius aos dados experimentais (Equação 4):

$$\eta_a = \eta_0 \times \exp(E_a/RT) \quad (4)$$

Em que:

η_a = viscosidade aparente (mPa.s); η_0 = constante empírica (Pa s); E_a = energia de ativação ao escoamento ($kJ\ mol^{-1}$); R = constante do gás ideal ($8,314 \cdot 10^{-3}\ kJ\ mol^{-1}\ K^{-1}$) e T = temperatura em escala absoluta (K).

Os valores de η_a foram determinados a partir do modelo reológico de melhor ajuste. A ordem de grandeza da energia de ativação mostra a dependência entre a viscosidade e a temperatura (FERREIRA, GUIMARÃES e MAIA, 2008).

O efeito da concentração sobre a viscosidade aparente da polpa de araçá-boi foi descrito mediante modelo exponencial (Equação 5):

$$\eta_a = K_1 \exp(A_1 \cdot C) \quad (5)$$

Em que:

C = concentração de sólidos solúveis ($^{\circ}Brix$); K_1 e A_1 = constantes empíricas a serem determinadas.

Para os ajustamentos dos modelos aos dados experimentais utilizou-se o programa estatístico SAS®, versão 9.1 (SAS, 2008), licenciado para a Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Verificou-se a qualidade do ajuste do modelo por meio do nível de significância dos coeficientes (p), falta de ajustamento e coeficiente de determinação (R^2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características físico-químicas da polpa de araçá-boi utilizada neste trabalho estão apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA
POLPA DE ARAÇÁ-BOI**

Variável	Média
pH	2,82 ± 0,01
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	5,15 ± 0,07
Acidez Total Titulável (g/100 mL) ¹	2,26 ± 0,07
Umidade (%)	94,69 ± 0,89
Açúcares Redutores (%)	2,32 ± 0,32
Açúcares Totais (%)	8,42 ± 0,12
L*	53,20 ± 0,85
a*	5,95 ± 0,07
b*	36,10 ± 0,14

¹ Acidez total titulável expressa em g de ácido cítrico/100 mL de polpa.

3.1 DENSIDADE

Os resultados experimentais obtidos para a densidade da polpa de araçá-boi nas diferentes concentrações e temperaturas são mostrados na Tabela 2.

**TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DE DENSIDADE OBTIDOS PARA A POLPA DE ARAÇÁ-BOI
NAS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES (C) E TEMPERATURAS**

Densidade (kg/m ³)						
C (°Brix)	Temperatura (°C)					
	10	20	30	40	50	60
4	1011,72	1004,54	997,00	987,10	977,62	965,79
7	1037,48	1031,03	1023,50	1015,39	1003,03	991,97
10	1038,81	1031,78	1024,82	1015,11	1003,93	991,22
13	1053,06	1047,24	1034,04	1022,98	1009,43	997,54

Os valores médios de densidade obtidos para a polpa de araçá-boi mostraram-se semelhantes aos encontrados por Ramos e Ibarz (1998) e Guedes, Ramos e Diniz (2010) para suco de laranja e polpa de melancia, respectivamente. Conforme observado na Tabela 2, a densidade da polpa de araçá-boi aumentou com a elevação da concentração e diminuiu com o aumento da temperatura. Os dados experimentais foram então submetidos à análise de regressão para a obtenção do modelo que melhor explicasse a variação da densidade da polpa de araçá-boi em função desses fatores combinados, os quais são muito úteis em cálculos de engenharia de processos. O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi uma equação do tipo polinomial (Equação 5), podendo se observar efeito linear da temperatura e polinomial da concentração sobre

a densidade. Obteve-se para esse coeficiente de determinação R^2 de 0,953. Todos os coeficientes foram significativos ao nível de 0,1 % de probabilidade.

$$\rho = 987,72 - 0,9793T + 11,602C - 0,4651C^2 \quad (6)$$

Em que:

ρ = a densidade (kg/m^3), T = a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e C = a concentração ($^{\circ}\text{Brix}$).

Modelos semelhantes foram obtidos por Diniz (2009) para polpa de manga, por Ramos e Ibarz (1998) para suco de laranja e por Guedes, Ramos e Diniz (2010) para polpa de melancia.

3.2 COMPORTAMENTO REOLÓGICO

Todos os modelos estudados ajustaram-se adequadamente aos dados experimentais, podendo ser utilizados para descrever o comportamento reológico da polpa. No entanto, optou-se pelo modelo de Ostwald-de Waele por ser mais simples e muito utilizado para explicar esse comportamento em polpas de fruta.

Os comportamentos reológicos das polpas de araçá-boi na concentração de 10 $^{\circ}\text{Brix}$ e nas diferentes temperaturas estão apresentados na Figura 1, sendo que para as demais concentrações foram verificados comportamentos semelhantes. Os parâmetros do modelo Ostwald-de Waele para as diferentes concentrações e temperaturas das polpas são apresentados na Tabela 3.

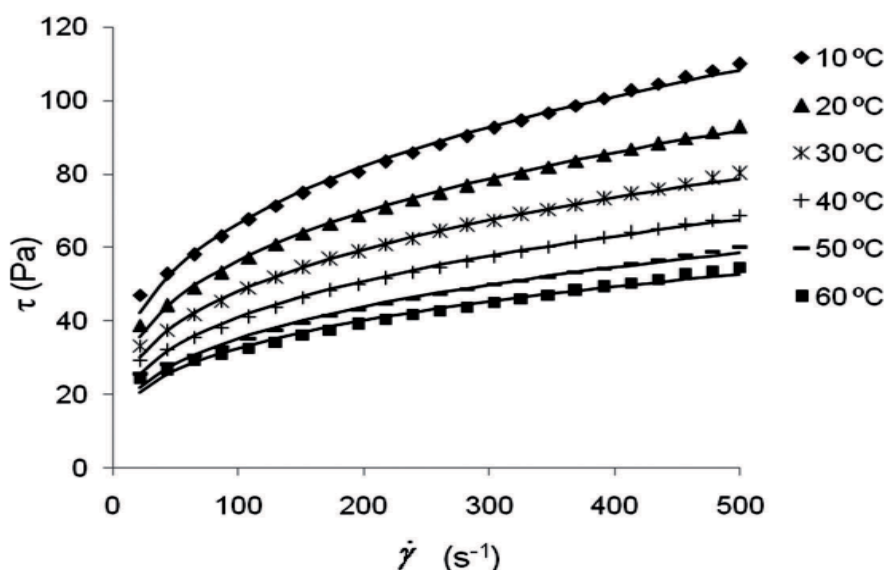


FIGURA 1 - DADOS EXPERIMENTAIS DE TENSÃO DE CISALHAMENTO VERSUS TAXA DE DEFORMAÇÃO PARA A POLPA DE ARAÇÁ-BOI A 10 °BRIX E EM DIFERENTES TEMPERATURAS

Observou-se que o modelo de Ostwald-de Waele apresentou bom ajustamento aos dados para todas as condições experimentais estudadas ($R^2 \geq 0,983$). Verificou-se índice de comportamento ao escoamento (n) da polpa de araçá-boi menor que a unidade em todas as concentrações e temperaturas avaliadas, o que identifica fluido não newtoniano com características pseudoplásticas. Não foi possível a obtenção dos dados reológicos da polpa de araçá-boi com 7 $^{\circ}\text{Brix}$ a 50 e 60 $^{\circ}\text{C}$, pois nessas temperaturas a viscosidade tornou-se muito baixa para ser detectada pelo sensor utilizado.

TABELA 3 - PARÂMETROS DO MODELO DE OSTWALD-DE WAELE (LEI DA POTÊNCIA) PARA AS DIFERENTES CONCENTRAÇÕES (C) DA POLPA DE ARAÇÁ-BOI

C (°Brix)	Parâmetro	Temperatura (°C)					
		10	20	30	40	50	60
4	K	2,66	2,58	1,73	2,12	1,85	1,70
	n	0,33	0,31	0,35	0,31	0,32	0,32
	R ²	0,986	0,988	0,991	0,994	0,992	0,994
7	K	6,99	5,53	4,29	3,34	-	-
	n	0,32	0,33	0,34	0,36	-	-
	R ²	0,999	0,999	0,995	0,987	-	-
10	K	16,56	13,96	11,68	9,72	8,16	8,16
	n	0,30	0,30	0,30	0,31	0,32	0,30
	R ²	0,994	0,997	0,997	0,993	0,989	0,983
13	K	36,08	27,73	25,83	20,84	17,83	14,86
	n	0,27	0,27	0,27	0,28	0,29	0,30
	R ²	0,996	0,997	0,996	0,995	0,991	0,990

K = Índice de consistência (Pa sⁿ); n = Índice de comportamento ao escoamento; R² = Coeficiente de determinação.

Para a mesma concentração, o índice de consistência (K) diminui com o aumento da temperatura, enquanto que o índice de comportamento ao escoamento tende a se manter constante. Por outro lado, mantendo-se a temperatura constante e aumentando a concentração ocorre elevação do índice de consistência e o valor de n tende a diminuir. Assim, a polpa de araçá-boi tornou-se mais pseudoplástica com o aumento da concentração de sólidos solúveis. Resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho foram encontrados para suco de acerola com teor de sólidos solúveis na faixa de 4-16 °Brix (DA SILVA, GUIMARÃES e GASPARETTO, 2005); polpa de melancia com 8 a 35 °Brix (GUEDES, RAMOS e DINIZ, 2010); polpa de marmelo com concentração entre 12,3 a 28 °Brix (RAMOS, 1997); polpa de jabuticaba (SATO e CUNHA, 2009); polpa de manga com 10 a 30 °Brix (DINIZ, 2009); polpa de manga com diferentes concentrações de sólidos insolúveis (VIDAL e GASPARETTO, 2000; PELEGRINE, VIDAL e GASPARETTO, 2000) e polpa de abacaxi (PELEGRINE, VIDAL e GASPARETTO, 2000).

3.3 EFEITOS DA TEMPERATURA E DA CONCENTRAÇÃO

Para melhor quantificar o efeito da temperatura sobre as características reológicas dos produtos, realizou-se o ajustamento do modelo de Arrhenius aos dados experimentais de viscosidade aparente (η_a), calculados a partir do modelo de Ostwald-de Waele, com taxa de deformação de 100 s⁻¹. Os parâmetros do modelo de Arrhenius e o efeito da temperatura sobre a viscosidade aparente são mostrados na Tabela 4 e Figura 2, respectivamente.

TABELA 4 - PARÂMETROS DO MODELO DE ARRHENIUS PARA A POLPA DE ARAÇÁ-BOI EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Concentração (°Brix)	η_0 (mPa.s)	E_a (kJ.mol ⁻¹)	R ²
4	5,25	7,30	0,904
7	1,07	13,29	0,998
10	4,86	11,56	0,996
13	9,43	11,43	0,982

* η_0 = Constante empírica; E_a = Energia de ativação ao escoamento; R² = Coeficiente de determinação.

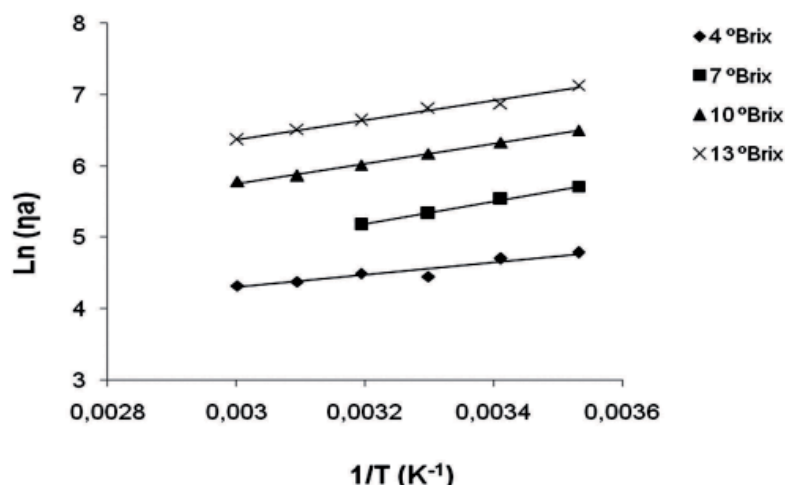


FIGURA 2 - INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA SOBRE A VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE ARAÇÁ-BOI EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES

Observou-se que o modelo de Arrhenius apresentou bom ajustamento aos dados experimentais de viscosidade aparente em função da temperatura para a polpa de araçá-boi em todas as concentrações, com coeficientes de determinação na faixa de 0,982-0,998 (Tabela 2).

A ordem de grandeza da energia de ativação ao escoamento (E_a) mostra a dependência entre a viscosidade e a temperatura (FERREIRA, GUIMARÃES e MAIA, 2008). Segundo Steffe (1996), quanto maior o valor de E_a , maior será a sensibilidade do sistema a mudanças na temperatura. Assim, a viscosidade aparente mostrou-se mais dependente da temperatura para a polpa de araçá-boi na concentração de 7 °Brix, ou seja, ela diminuiu mais acentuadamente com o aumento da temperatura (maior inclinação da curva). Por outro lado, menor influência da temperatura foi verificada para a polpa com concentração de 4 °Brix. As polpas com 10 e 13 °Brix apresentaram energias de ativação semelhantes (em torno de 11,5 kJ mol⁻¹). Esses comportamentos podem ser visualizados na Figura 2. Diniz (2009) também observou pequeno efeito da concentração sobre a energia de ativação ao escoamento para polpa de manga Ubá, assim como Guedes, Ramos e Diniz (2010) para polpa de melancia.

Os valores de energia de ativação ao escoamento determinados para a polpa de araçá-boi estão de acordo com os obtidos em trabalhos anteriores, tais como os determinados por Da Silva, Guimarães e Gasparetto (2005) para suco de acerola com concentração entre 4 e 16 °Brix, cujos valores variaram de 1,79-3,50 kcal mol⁻¹ (7,48-14,63 kJ mol⁻¹); polpa de melancia com 8-35 °Brix (12,92-16,35 kJ mol⁻¹) conforme Guedes, Ramos e Diniz (2010); polpa de manga Ubá com 10-30 °Brix (6,97-10,44 kJ mol⁻¹) segundo Diniz (2009), e polpa de cupuaçu (6,35 kJ mol⁻¹) de acordo com Ferreira, Guimarães e Maia (2008). Valores de E_a semelhantes também foram verificados para polpa de goiaba integral (6,14 kJ mol⁻¹) por Ferreira (2002), polpa de banana (7,98 kJ mol⁻¹) por Guerrero e Alzamora (1998) e polpa de açaí integral (6,27 kJ mol⁻¹), segundo Alexandre (2002).

Avaliou-se o efeito da concentração sobre a viscosidade aparente da polpa de araçá-boi utilizando modelo exponencial (Equação 4). Os parâmetros obtidos para esse modelo são apresentados na Tabela 5.

Observa-se que o parâmetro K_1 diminuiu com a elevação da temperatura, enquanto que os valores de A_1 praticamente não variaram. Tal comportamento também foi observado para suco de laranja (RAMOS, 1997), polpa de melancia (GUEDES, RAMOS e DINIZ, 2010) e purê de pêssego homogeneizado (TORALLES, VENDRUSCOLO e VENDRUSCOLO, 2006). De acordo com Guedes, Ramos e Diniz (2010), isso ocorre porque o efeito da concentração é maior em temperaturas mais baixas.

TABELA 5 - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO SOBRE A VISCOSIDADE APARENTE DA POLPA DE ARAÇÁ-BOI

T (°C)	Parâmetros estimados		
	K ₁ (Pa.s)	A ₁ (°Brix ⁻¹)	R ²
10	0,0610	0,233	0,996
20	0,0608	0,214	0,991
30	0,0418	0,238	0,996
40	0,0388	0,221	0,997
50	0,0361	0,225	0,999
60	0,0390	0,208	0,997

4 CONCLUSÃO

A densidade da polpa de araçá-boi diminuiu linearmente com a temperatura e aumentou conforme a concentração. A polpa de araçá-boi apresentou comportamento de fluido pseudoplástico em todas as temperaturas e concentrações estudadas, o qual foi adequadamente explicado pelo modelo de Ostwald-de Waele. Observou-se que a viscosidade aparente da polpa diminuiu com a elevação da temperatura e aumentou com maior concentração. Os modelos de Arrhenius e exponencial descreveram adequadamente os efeitos da temperatura e da concentração, respectivamente, sobre a viscosidade aparente da polpa de araçá-boi.

ABSTRACT

EFFECTS OF TEMPERATURE AND CONCENTRATION OVER THE PHYSICAL PROPERTIES OF ARAÇÁ-BOI PULP

This work aimed to evaluate the effects of temperature and concentration on the main physical properties of araçá-boi pulp. Pulps of araçá-boi at different concentrations (4, 7, 10 and 13 °Brix) and temperatures (10, 20, 30, 40, 50 and 60 °C) were evaluated for density and rheological behavior, and the experimental data submitted to regression analysis. It was observed that the density of araçá-boi pulp decreases linearly with temperature and increases with concentration. Shear thinning behavior was observed for the pulp in all studied conditions, which was well described by the model of Ostwald-de Waele ($R^2 \geq 0.983$). The effect of temperature on the apparent viscosity of araçá-boi pulp was adequately explained by the Arrhenius model with activation energy in the range of 7.30-13.29 kJ mol⁻¹. The exponential models obtained to explain the influence of concentration on apparent viscosity showed good adjustments to the experimental data ($R^2 \geq 0.983$). The models obtained in this work can be very useful for the food industry.

KEY-WORDS: *Eugenia stipitata*; RHEOLOGY; ARRHENIUS; DENSITY; VISCOSITY.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, D. **Conservação da polpa de açaí através da tecnologia de obstáculos e caracterização reológica**. 2002. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2002.
- ANJOS, A.M.G.; FERRAZ, I.D.K. Morfologia, germinação e teor de água das sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* sp. *sororia*). *Acta Amazonica*, v.29, n.3, p.337-348, jul./set.1999.
- BEZERRA, J.R.M.V.; QUEIROZ, A.J.M.; GASPARETTO, C.A. Reologia da polpa de manga e ajuste dos parâmetros reológicos em função da temperatura. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.3, n.1, p. 37-42, 2001.
- BRANCO, I.G.; GASPARETTO, C.A. Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, p.166-171, dez.2003.

- 5 DA SILVA, F.C.; GUIMARÃES, D.H.P.; GASPARETTO, C.A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.1, p.121-126, jan./mar.2005.
- 6 DINIZ, M.D.M.S. **Caracterização do comportamento reológico e determinação de propriedades termofísicas de polpa de manga Ubá**. 2009. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- 7 FERREIRA, G.M.; GUIMARÃES, M.J.O.C.; MAIA, M.C.A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*T. grandiflorum* Schum) integral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.385-389, jun.2008.
- 8 FERREIRA, G.M.; QUEIROZ, A.J.M.; CONCEIÇÃO, R.S.; GASPARETTO, C.A. Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.4, n.2, p.175-184, jul./dez.2002.
- 9 FERREIRA, G.M. **Reologia de polpas de caju (*Anacardium occidentale* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 2002. 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2002.
- 10 FRANCO, M.R.B.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (*Spondias citherea*), camu-camu (*Myrciaria dubia*), araçá-boi (*Eugenia stipitata*), and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.1263-1265, Apr.2000.
- 11 GONÇALVES, A.E.S.S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e de polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade de São Paulo, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, São Paulo, 2008.
- 12 GUEDES, D.B.; RAMOS, A.M.; DINIZ, M.D.M.S. Efeito da temperatura e da concentração nas propriedades físicas da polpa de manga. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.13, n.4, p.279-285, out./dez.2010.
- 13 GUERRERO, S.N.; ALZAMORA, S.M. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behavior of fruit purées I. Banana purée. **Journal of Food Engineering**, v.37, n.1, p. 239-256, Jun.1998.
- 14 INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4.ed. São Paulo, 2004. 1004 p.
- 15 PELEGRINE, D.H.; VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.128-131, abr.2000.
- 16 RAMOS, A.M. **Caracterización reológica y transmisión de calor en derivados de frutas en el interior de tanques agitados**. 1997. 304 p. Tesis (Doctorado en Ciencia e Tecnologia de los Alimentos) - Escola Técnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida, Universitat de Lleida, Lleida, 1997.
- 17 RAMOS, A.M.; IBARZ, A. Density of juice and fruit puree as a function of soluble solids content and temperature. **Journal of Food Engineering**, v.35, n.1, p.57-63, Jan.1998.
- 18 SACRAMENTO, C.K.; BARRETO, W.S.; FARIA, J.C. Araçá boi: uma alternativa para agroindústria. **Revista Bahia Agrícola**, v.8, n.2, p.22-24, nov.2008.
- 19 SAS Institute Inc. **Statistical analysis system**. Cary, NC, USA, 2008.
- 20 SATO, A.C.K.; CUNHA, R.L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.4, p. 890-896, out./dez.2007.
- 21 STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2nd ed. Michigan: Freeman Press, 1996. 428 p.
- 22 TORALLES, R.P.; VENDRUSCOLO, J.L.; VENDRUSCOLO, C.T. Reologia de purê homogeneizado de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.9, n.1, p.1-8, jan./mar.2006.
- 23 VIDAL, J.R. M.B.; GASPARETTO, C.A. Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L.) – efeitos dos sólidos insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.172-175, maio/ago.2000.
- 24 VIDAL, J.R.M.B.; GASPARETTO, C.A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.1, n.2, p.69-76, jan./jun.2000.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa concedida.